



TITLE:

Study on High-Speed Sensing and High-Quality Image Reconstruction for Photoacoustic Biomedical Visualization Technology(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Cong, Bing

CITATION:

Cong, Bing. Study on High-Speed Sensing and High-Quality Image Reconstruction for Photoacoustic Biomedical Visualization Technology. 京都大学, 2015, 博士(人間健康科学)

ISSUE DATE:

2015-07-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19232>

RIGHT:

| | | | |
|---|--|-----|-----|
| 京都大学 | 博士（人間健康科学） | 氏 名 | 丛 冰 |
| 論文題目 | Study on High-Speed Sensing and High-Quality Image Reconstruction for Photoacoustic Biomedical Visualization Technology (光超音波を用いた医用生体可視化技術における高速センシングと高画質化に関する研究) | | |
| (論文内容の要旨) | | | |
| <p>光超音波イメージングは、人体に近赤外光のパルスを照射し、光エネルギーを吸収した組織の熱弾性変化により発生した超音波をセンサで計測し、光吸収体の分布を画像化する新しい医用生体可視化技術である。光超音波を用いた可視化技術は、光イメージングの高コントラスト高分解能と、超音波イメージングの深い計測深度の利点を有し、腫瘍の新生血管の分布などの構造的な情報に加えて、血液酸素飽和度やヘモグロビン濃度などの機能的な情報も非侵襲的に得られる。このため、がんの早期発見や診断精度の向上に役立つと期待され、近年特に研究が進み臨床研究を通してその有用性が検証されつつある。</p> <p>一方、従来の圧電素子を用いた超音波センサの課題として、感度と帯域が両立できない点がある。このため、高感度かつ広帯域なセンサとして研究されているものに、ファブリ・ペロー(FP)センサがある。これは、薄膜で超音波を受信し、音圧に応じて変化する膜厚の変化を、レーザ光を薄膜に照射して反射される光の強度変化として検出するものである。しかし、FP センサを光超音波イメージングに用いる場合は、センサ面上の音圧変化の分布を読み出すため、絞った光でセンサ面をスキャンする時間が必要で、高速計測が阻害される問題がある。また、光超音波イメージングでは、組織の音速を仮定して光吸収体分布像の再構成を行うが、設定音速と実際の組織音速の違いによりコントラスト低下や位置ずれ、ぼけなどの画質劣化を生ずる問題がある。本研究では、光超音波イメージングの高速化と高画質化を図り、その実用化を促進することを目指す。</p> <p>高速センシング法として、スキャンをせずに径を広げた光でセンサを照射し、センサ面上の反射光の分布を高速撮影カメラのシャッタでサンプリングし、連続的に音場分布をマッピングするカメラ方式を考案した。超音波トランスデューサで 1 MHz の超音波を、自作システムのセンサ面に照射し、センサからの反射光の強度変化としてカメラで可視化した。その結果、撮影エリアのサイズが $2.56 \times 2.56 \text{ mm}^2$ (128×128 pixel) の場合、計測時間が従来のスキャン方式の 14 分から提案のカメラ方式の 5 秒まで、約 164 倍高速化できることが示された。</p> <p>高画質化法として、最適フォーカシングに基づく平均音速推定法を用いる画像再構成法により、画像のコントラストと方位分解能の向上を図る手法を考案し、数値シミュレーションとファントム実験により効果を検証した。最適フォーカシングの条件により、フォーカシング後の光超音波信号の位相が最もそろった音速を、光吸収体からセンサまでの経路上の平均音速として推定した。音速均一モデルによるシミュレーション解析の結果、従来一般的に画像再構成に使</p> | | | |

われている、組織の平均音速 1540 m/s を用いる再構成画像に比べ、提案法により推定した音速 1480 m/s を用いた再構成画像のコントラストが 11%、方位分解能が 38%向上した。また、音速均一な寒天ファントム実験の結果、推定音速を用いた再構成画像のコントラストが 25%、方位分解能が 28%向上した。さらに、音速不均一モデル解析と豚肉ファントム実験においても、同様にコントラストと方位分解能の向上を確認できた。

以上の結果から、ファブリ・ペローセンサと高速撮影カメラを用いた光超音波イメージングの高速化の有効性と、最適フォーカシングに基づく組織の平均音速推定法を用いた光超音波再構成における高画質化の効果が検証された。一方で、残された課題として、高速センシングでは、センサ厚みの不均一性、カメラのフレームレートと露光時間が不十分であること、レーザ出力が不安定などのハードウェアの改良すべき点が示された。また高画質化のための音速推定では、血管などの長い光吸収体の場合、音速推定精度が著しく低下する点も明らかになった。

今後は、液晶を用いたセンサ膜厚不均一性の補正法や、推定した音速を用いる音速分布推定法などを考案し、本研究をさらに発展させ、実用化を進める必要がある。